

**No title available.**

Patent Number: ☐ US4082376  
Publication date: 1978-04-04  
Inventor(s): WEHDE HEINZ; BECKER WILLI  
Applicant(s):: PFEIFFER VAKUUMTECHNIK  
Requested Patent: ☐ DE2457783  
Application Number: US19750637744 19751204  
Priority Number(s): DE19742457783 19741206  
IPC Classification: F16C39/00  
EC Classification: F04D13/02B3, F04D19/04F, F16C39/06, H02K7/09  
Equivalents: ☐ FR2293623, ☐ GB1525489, JP1291119C, ☐ JP51077746, JP60014209B

---

**Abstract**

---

Data supplied from the [esp@cenet](mailto:esp@cenet) database - 12

DEUTSCHES  
PATENTAMT

(11) DE 2457783 C2

F16 C 32/04

- (21) Aktenzeichen: P 24 57 783.1-51  
(22) Anmeldetag: 6. 12. 74  
(43) Offenlegungstag: 16. 6. 76  
(45) Veröffentlichungstag  
der Patenterteilung: 9. 10. 86

Innerhalb von 3 Monaten nach Veröffentlichung der Erteilung kann Einspruch erhoben werden

## (73) Patentinhaber:

Arthur Pfeiffer Vakuumtechnik Wetzlar GmbH, 6334  
Aßlar, DE

## (61) Zusatz in: P 25 54 995.5

## (72) Erfinder:

Wehde, Heinz, Dr.rer.nat., 6121 Rothenberg, DE;  
Becker, Willi, Dr.h.c., 6333 Braunsfels, DE(56) Im Prüfungsverfahren entgegengehaltene  
Druckschriften nach § 44 PatG:

DE-PS	25 37 367
DE-AS	17 50 602
DE-OS	25 37 367
DE-OS	22 13 470
DE-OS	22 13 447
DE-OS	21 39 614
DE-OS	21 37 850
DE-GM	71 12 175
US	34 73 852
US	28 69 935

## (54) Magnetische Lagerung

DE 2457783 C2

DE 2457783 C2

## Patentansprüche:

## 1. Magnetische Lagerung für den Rotor einer Turbo-Vakuumpumpe

- enthaltend zwei an den Rotorenden angeordnete Magnetlager zur axialen Lagerung eines Rotors mit
- aus ferromagnetischen und/oder permanentmagnetischen Materialien bestehenden Lagerbauteilen des Rotors,
- wobei das erste Magnetlager mit einem stationär angeordneten Permanentmagneten den Rotor passiv stabilisiert und
- das zweite Magnetlager mit einem stationär angeordneten Elektromagneten ausgerüstet ist und über Lagerfühler die axiale Rotorposition erfaßt und regelbar beeinflußt wird und sich dieses Magnetlager auf der Druckseite der Pumpe befindet und daß
- der Rotor ein glockenförmiges Teil aufweist, in welches eine Baugruppe hineinragt, die die statorseitigen Teile eines elektrischen Antriebsmotors enthält

dadurch gekennzeichnet, daß

- eine senkrecht zur Drehachse des Rotors wirkende Dämpfungseinrichtung (35) vorhanden ist,
- das erste Magnetlager (11) auf der Ansaugseite liegt
- und der Rotor (5) so geformt ist, daß sein polares Trägheitsmoment größer ist als das äquatoriale Trägheitsmoment.

2. Magnetische Lagerung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die genannte Baugruppe, welche die statorseitigen Teile des elektrischen Antriebsmotors (48), des zweiten Magnetlagers (23) sowie Spulen (36) der Dämpfungseinrichtung enthält, so am druckseitigen Gehäusedeckel (47) angeordnet ist, daß sie unzerlegt mit diesem aus dem Gehäuse (1) der Pumpe entfernbar ist.

3. Magnetische Lagerung nach einem der Ansprüche 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, daß das erste Magnetlager (11) im wesentlichen im Zentrum der Öffnung auf der Ansaugseite der Pumpe angeordnet ist und mittels im wesentlichen radial gerichteten Trägern (10) am Gehäuse (1) befestigt ist.

4. Magnetische Lagerung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß auf der Innenseite des glockenförmigen Teiles (39) die Permanentmagnete (50) des als bürstenloser, eisensloser Gleichstrommotor (48—51) ausgebildeten Antriebsmotors angeordnet sind.

5. Magnetische Lagerung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die Dämpfungseinrichtung (35) ein Stellglied mit einer Spule (36) sowie einen Sensor (42) mit einer Spule aufweist, wobei die genannten Spulen (36) und (42) zu einer einzigen Spule zusammengefaßt sind und daß der Spule ein Zweipol (43) mit negativem Innenwiderstand nachgeschaltet ist.

6. Magnetische Lagerung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die Dämpfungseinrichtung (35) ein elektrisches Fil-

ternetzwerk aufweist, welches nur in den Frequenzbereichen, in welchen mechanische Resonanzschwingungen auftreten, wirksam ist.

Die Erfindung bezieht sich auf eine magnetische Lagerung gemäß dem Oberbegriff des Anspruches 1.

In der DE-PS 25 37 367 wird eine magnetische Lagerung für eine schnellrotierende Vakuumpumpe beschrieben, wobei die Zentrierung passiv erfolgt und die axiale Lage mit Hilfe eines aktiv gesteuerten radialen Magnetfeldes stabil gehalten wird. Die als Tauchspulanordnung ausgebildete axiale Lagestabilisierung und die dazugehörige Sensoreinrichtung stellen jedoch einen erheblichen mechanischen und elektrischen Aufwand dar.

Bei einer bekannten magnetischen Lagerung, welche in der DE-OS 21 39 614 beschrieben ist, dient das erste einen stationären Permanentmagneten enthaltende Magnetlager als Querlager, welches auch axiale Zugkräfte auf den Rotor ausübt. Das zweite Magnetlager mit einem stationär angeordneten Elektromagneten ist als Traglager ausgebildet und bewirkt auf den Rotor, dessen Drehachse im wesentlichen vertikal ausgerichtet ist, eine axiale Zugkraft, welche in Abhängigkeit der axialen Rotorposition regelbar ist. Der Rotor ist hierbei mittels des zweiten Magnetlagers oberhalb seines Schwerpunktes aufgehängt, und zur Dämpfung von Schwingungen des vergleichsweise langgestreckten Rotors ist wenigstens eine senkrecht zur Drehachse wirkende Dämpfungseinrichtung vorgesehen. Bei einer Turbo-Vakuumpumpe mit einer derartigen magnetischen Lagerung treten Schwierigkeiten im Hinblick auf die erforderlichen elektrischen Durchführungen für das auf der Ansaugseite angeordnete zweite Magnetlager auf.

Es ist ferner zur Querstabilisierung wenigstens ein weiteres Querlager vorgesehen, so daß ein nicht unerheblicher Herstellungsaufwand erforderlich ist.

Aus der DE-OS 22 13 447 ist eine magnetische Lagerung für einen Rotor bekannt, welche an beiden Rotorenden zwei Magnetlager mit Elektromagneten enthält, um eine geregelte Stabilisierung des Rotors in axialer Richtung zu erreichen. Es sind weiterhin in radialer Richtung wirkende Magnetlager mit Elektromagneten vorgesehen, mit welchen sowohl radiale Rückstellkräfte als auch radiale Dämpfungskräfte erzeugbar sind. Der Rotor weist in Richtung der Drehachse eine vergleichsweise große Länge auf, so daß im Hinblick auf die bei hohen Drehzahlen auftretenden Stabilisierungsprobleme auch die in radialer Richtung wirkenden Magnetlager in Abhängigkeit der radialen Rotorposition geregelt werden müssen.

Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, eine magnetische Lagerung der genannten Art für eine Turbo-Vakuumpumpe dahingehend weiterzubilden, daß einerseits ein einfacher kostengünstiger Aufbau erreicht und eine sichere Stabilisierung des Rotors mit Hilfe einer elektrisch geregelten in radialer Richtung wirkenden Dämpfungseinrichtung erreicht wird und daß andererseits elektrische Durchführungen auf der Ansaugseite der Turbo-Vakuumpumpe vermieden werden.

Diese Aufgabe wird durch die im ersten Patentanspruch gekennzeichneten Merkmale gelöst.

Die Erfindung zeichnet sich vor allem durch einen einfachen und kostengünstigen Aufbau aus, wobei für das auf der Ansaugseite der Turbo-Vakuumpumpe an-

geordnete Magnetlager mit einem statorseitigen Permanentmagneten keine elektrischen Durchführungen oder Dichtungen erforderlich sind. Durch die beiden Magnetlager werden auf den Rotor einander entgegengerichtete Zugkräfte ausgeübt, wobei mittels des auf der Druckseite angeordneten Magnetlagers die geregelte Stabilisierung des Rotors erfolgt. Beide Magnetlager sind derart ausgebildet, daß eine unregelmäßige passive Stabilisierung des Rotors in radialer Richtung erreicht wird und somit besondere radiale Lager nicht erforderlich sind. Da somit nur ein aktiv geregeltes Magnetlager mit einem Elektromagneten vorhanden ist und lediglich zur Dämpfung eine Dämpfungseinrichtung vorhanden ist, wird sowohl der fertigungstechnische Aufwand an Elektronik und elektrischen Mitteln auf ein Minimum reduziert, als auch der Leistungsbedarf in wirtschaftlichen Grenzen gehalten. Da das polare Trägheitsmoment des Rotors größer als sein äquatoriales Trägheitsmoment ist, wird auch für hohe Drehzahlen eine einfache Stabilisierung des Rotors gewährleistet. Es ist daher von großem Vorteil, den Rotor mit einem glockenförmigen Teil zu versehen, so daß im Hinblick auf die genannten Trägheitsmomente der Rotor in Richtung einer Drehachse vergleichsweise kurz ausgebildet werden kann. Auch die äußeren Abmessungen der Turbo-Vakuumpumpe können somit im Vergleich zu den bekannten Anordnungen erheblich verkleinert werden.

In einer bevorzugten Ausführungsform enthält die in das glockenförmige Teil des Rotors hineinragende Baugruppe die statorseitigen Teile des elektrischen Antriebsmotors, des zweiten Magnetlagers sowie die Spulen der Dämpfungseinrichtung, so daß diese Baugruppe zusammen mit dem druckseitigen Gehäusedeckel zerlegt aus dem Gehäuse entfernbar ist. Hierdurch ergeben sich Vorteile sowohl bei der Herstellung als auch bei der gegebenenfalls erforderlichen Wartung der Turbo-Vakuumpumpe. Die Dämpfungseinrichtung enthält zweckmäßig einen Sensor für die radiale Lage oder Bewegung des Rotors, wobei entweder aufgrund der geometrischen Zuordnung zu einem Stellglied oder durch geeignete elektrische Mittel die erforderliche Phasenverschiebung zwischen Sensorsignalen und den dem Stellglied zuzuführenden Signalen erreicht wird, um die Dämpfungswirkung zu erzielen.

Der Aufbau der Dämpfungseinrichtung wird besonders einfach, wenn die Spule des induktiven Lagefühlers und die Spule des Stellgliedes ein- und dieselbe sind, d. h. in einer einzigen Spule zusammengefaßt sind. Wird der genannten Spule ein Zweipol mit einem negativen Innenwiderstand nachgeschaltet, so ergibt sich auf einfachste Weise die geforderte Dämpfungswirkung. Als Beispiel für einen derartigen Zweipol sei ein mitgekoppelter Verstärker genannt. Es erweist sich weiterhin als vorteilhaft, die Dämpfungseinrichtung nur in den Frequenzbereichen, in welchen mechanische Resonanzschwingungen auftreten, zu aktivieren. Hierbei werden in dem Verstärker, welcher dem genannten Sensor nachgeschaltet ist, ein oder mehrere Filternetzwerke vorgesehen. Diese Filternetzwerke sind derart abgestimmt, daß sie nur für bestimmte Frequenzbereiche, in welchen die genannten Schwingungen auftreten, durchlässig sind.

Die Erfindung wird nachfolgend anhand des in der Zeichnung dargestellten Ausführungsbeispiels erläutert.

Die Turbo-Vakuumpumpe weist ein Gehäuse 1 auf mit im Inneren angeordneten Leitschaufelkränzen 2. Sie enthält weiterhin einen um die Drehachse 4 drehbaren

Rotor 5, an welchem in bekannter Weise Laufschaufelkränze 6 derart angeordnet sind, daß diese jeweils zwischen zwei Leitschaufelkränzen umlaufen können. Auf der Ansaugseite der Pumpe ist ein Flansch 7 vorgesehen, mit welchem eine Verbindung zum evakuierbaren Raum herstellbar ist. Ein weiterer Flansch 8 befindet sich auf der Druckseite der Pumpe, zum Anschluß einer Vorvakuumpumpe. Mittels radial gerichteter Träger 10 ist im Zentrum der Öffnung auf der Ansaugseite ein erstes Magnetlager 11 vorgesehen, mit welchem auf den Rotor 5 eine axial (nach oben) gerichtete Zugkraft ausgeübt wird. Das genannte Magnetlager enthält einen im wesentlichen axial magnetisierten Permanentmagneten 12, angeordnet zwischen zwei etwa topfförmigen, ferromagnetischen Bauteilen 14, 15, mit coaxialen Polringen oder Schneiden 16, 17. Mit dem Rotor ist ein ferromagnetisches Bauteil 18 verbunden, welches coaxiale Polringe oder Schneiden 20, 21 derart aufweist, daß diese den genannten Polringen 16, 17 gegenüberstehen. Das genannte Magnetlager, welches sich durch eine besonders einfache konstruktive Gestaltung auszeichnet, ermöglicht aufgrund der coaxialen Ausbildung der Polringe gleichzeitig eine radiale Stabilisierung des Rotors 5. Es kann ohne weiteres auch dahingehend modifiziert werden, daß entsprechend des Magneten 12 auch auf dem Rotor ein Permanentmagnet vorgesehen wird, wobei die Magnetisierung derart vorzusehen ist, daß ebenfalls eine Zugkraft auf den Rotor ausgeübt wird. Weiterhin kann gemäß einer anderen, bevorzugten Ausbildung das genannte, erste Magnetlager auch ohne die Bauteile 14, 15 ausgebildet sein, wobei mit den Trägern 10 ein vorzugsweise ringförmiger, axial magnetisierter Permanentmagnet verbunden ist und diesem in axialer Richtung gegenüberliegend auf dem Rotor ein weiterer entsprechend ausgebildeter Permanentmagnet oder ein ferromagnetisches Bauteil zugeordnet ist. Am unteren Ende, also auf der Druckseite, ist ein weiteres Magnetlager 23 vorgesehen, welches einen auf dem Stator angeordneten aktiv geregelten Elektromagneten 24 aufweist. Auch hierbei sind coaxiale Polringe 25, 26 vorgesehen, welchen auf dem Rotor entsprechende Polringe 27, 28 eines ferromagnetischen Bauteiles 30 zugeordnet sind. Es ist weiterhin ein Sensor 31 vorgesehen, welcher vorzugsweise induktiv, gegebenenfalls aber auch kapazitiv oder photoelektrisch, die Lage des Rotors in axialer Richtung erfaßt. Der Sensor ist mit einem Regler 32 verbunden, dessen Regelcharakteristik in geeigneter Weise ausgewählt ist, um über den nachgeschalteten Verstärker 33 und den nachgeschalteten Elektromagneten 24 eine Stabilisierung des Rotors in axialer Richtung zu erreichen. Auch bei dem genannten zweiten Magnetlager kann auf dem Rotor noch ein Permanentmagnet vorgesehen sein, ähnlich wie bei dem ersten Magnetlager.

Aufgrund der bereits beschriebenen Ausbildung der genannten Magnetlager 11, 23 wird außer der axialen Stabilisierung auch eine radiale Stabilisierung erreicht. Da die Steifigkeit der Lagerung in radialer Richtung vergleichsweise gering ist, ist weiterhin im Bereich des unteren Endes des Rotors wenigstens eine Dämpfungseinrichtung 35 vorgesehen. Die genannte Dämpfungseinrichtung enthält eine auf dem Stator angeordnete Spule 36 mit einem E-förmigen Kern 37. Der Rotor weist in diesem Bereich ein glockenförmiges Teil 39 auf, welches auf der Innenseite einen Ring 40 aus ferromagnetischem Material enthält. Es ist weiterhin ein induktiver Sensor 42 für die radiale Schwingungsgeschwindigkeit des Rotors vorgesehen. In der Zeichnung befin-



den sich der Sensor 42 sowie die als elektromagnetische Stellglied wirkende Spule 36 in der gleichen Axialebene, so daß die zwischen Sensorsignal und elektromagnetischer Kraft der Spule 36 zur Dämpfung erforderliche Phasenverschiebung mittels des Reglers und Verstärkers 43 elektrisch vorgenommen wird. Selbstverständlich können auch Sensor und Stellglied in Umfangsrichtung um einen vorgegebenen Winkel angeordnet werden. Weiterhin können mehrere solcher Dämpfungseinrichtungen um den Umfang des Rotors verteilt angeordnet werden, wobei beispielsweise das Stellglied einen U-förmigen Kern 46 enthalten kann.

Zum Antrieb des Rotors ist bevorzugt ein bürstenloser Gleichstrommotor vorgesehen, enthaltend eine auf dem Stator angeordnete Wicklung 48. Die genannte Wicklung befindet sich innerhalb des glockenförmigen Rotorteiles 39, auf dessen Innenseite ein magnetischer Rückschlußring 49 sowie radial magnetisierte Permanentmagnete 50 vorgesehen sind, wobei benachbarte Permanentmagnete jeweils entgegengesetzt magnetisiert sind. Die Ansteuerung der Wicklung erfolgt in bekannter Weise über die Steuereinheit 51, welche auch die Kommutierungselektronik enthält. Wird der genannte Gleichstrommotor entsprechend der deutschen Patentanmeldung P 24 17 818 eisenlos ausgebildet, so ergibt sich der wichtige Vorteil, daß dieser praktisch keine radialen Kraftkomponenten auf den Rotor bewirkt. Als Antrieb können gegebenenfalls auch andere elektrische Motore, wie Synchron- oder Asynchronmotore vorgesehen werden.

Wie der Zeichnung entnommen werden kann, sind der Elektromagnet 24 des zweiten Magnetlagers, die Sensoren 42 und Spulen 36 der Dämpfungseinrichtung sowie die Statorwicklung 48 des Antriebsmotors in einer Baugruppe zusammengefaßt. Die genannte Baugruppe ist am druckseitigen Gehäusedeckel 47 angeordnet und kann ohne weiteres aus dem Gehäuse 1 entfernt bzw. mit diesem verbunden werden. Dies ist im Hinblick auf eine einfache Fertigung bzw. Wartung der Pumpe von besonderer Bedeutung. Die Baugruppe ragt teilweise, also mit Statorwicklung sowie Sensoren und Spulen des Dämpfungskreises, in das glockenförmige Rotorteil 39 hinein.

Hierzu 1 Blatt Zeichnungen

45

50

55

60

65

